

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 734 061

(21) N° d'enregistrement national :

95 05658

(51) Int Cl<sup>8</sup> : G 01 R 31/36, H 01 M 10/42

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 12.05.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 15.11.96 Bulletin 96/46.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : THOMSON CSF SOCIETE  
ANONYME — FR.

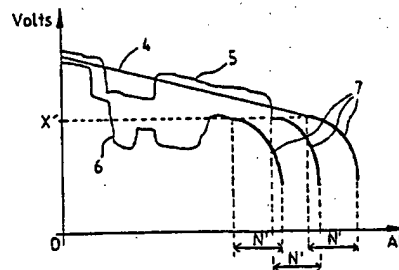
(72) Inventeur(s) : MEUX DOMINIQUE.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : THOMSON CSF.

(54) PROCÉDE DE DETERMINATION DE LA CHARGE DISPONIBLE D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS EN  
FIN DE DECHARGE.

(57) Procédé de détermination de la charge disponible  
d'une batterie d'accumulateurs en fin de décharge, caracté-  
risé en ce qu'il consiste, pour une batterie donnée faisant  
partie d'une série de batteries de même constitution, de  
même tension et capacité nominales, à prendre l'une quel-  
conque des batteries neuves de cette série, à la charger  
complètement, à la décharger à courant constant, à relever  
pour cette batterie, pour différentes températures d'utilisa-  
tion comprises dans la gamme des températures d'utilisa-  
tion qu'elle doit pouvoir supporter, la tension à ses bornes  
pour différentes valeurs de courant de décharge, à partir  
d'une profondeur de décharge d'environ les 2/3, jusqu'à la  
décharge maximale permise, à déterminer le seuil de ten-  
sion en-dessous duquel les allures des fins des courbes de  
décharge sont isomorphes en notant la valeur de la charge  
restante lors du franchissement de ce seuil, à mesurer de  
façon habituelle la capacité restante de ladite batterie don-  
née tant que la tension à ses bornes est supérieure audit  
seuil, et lorsqu'elle est sensiblement égale ou inférieure à  
ce seuil, à mesurer sa température et la tension à ses bor-  
nes, à comparer la tension ainsi mesurée, pour la tempé-  
rature mesurée, avec celles relevées pour ladite batterie  
quelconque, et à déterminer par interpolation la valeur de  
la charge restante de cette batterie donnée.



FR 2 734 061 - A1



La présente invention se rapporte à un procédé de détermination  
5 de la charge disponible d'une batterie d'accumulateurs en fin de décharge.

L'utilisation croissante de batteries rechargeables dans l'industrie  
de haute technologie (traction de véhicule électrique, démarrage de moteurs  
d'avion, freinage poids lourds etc...) a fait naître deux besoins :

1 - connaître avec précision la capacité restant dans une batterie  
10 rechargeable (pour des raisons de sécurité),

2.- connaître la capacité d'une batterie sans avoir à la décharger  
entièrement (une telle décharge dure longtemps et elle n'est pas forcément  
faisable hors d'un banc de décharge de laboratoire).

Les batteries étant des systèmes électrochimiques, les  
15 phénomènes qui s'y déroulent ne répondent pas aux lois de l'électricité  
classique (loi d'Ohm, théorème de Thevenin ...). A cause de cela, un  
système qui estime la capacité d'une batterie contient un modèle dans  
lequel sont injectés des paramètres physiques lus par des capteurs (par  
exemple tension, courant, température).

20 Or de tels systèmes dérivent : tôt ou tard, la capacité disponible  
réellement n'est plus égale à la capacité disponible estimée. Ceci est dû aux  
imprécisions des capteurs et à l'inexactitude absolue du modèle (compte  
tenu d'approximations...)

La présente invention a pour objet un procédé permettant de  
25 déterminer avec la meilleure précision possible la charge disponible d'une  
batterie d'accumulateurs au-delà d'une décharge d'environ les 2/3 de sa  
capacité, en tenant compte de la dérive de ces accumulateurs, quel que soit  
leur âge, sans avoir à les décharger complètement, et ce, dès la première  
décharge partielle de la batterie, ce procédé permettant également de  
30 déterminer la capacité maximale réelle de la batterie.

Le procédé conforme à l'invention consiste, pour une batterie  
donnée faisant partie d'une série de batteries de même constitution, de  
même tension et capacité nominales, à prendre l'une quelconque des  
batteries neuves de cette série, à la charger complètement, à la décharger à  
35 courant constant, à relever pour cette batterie, pour différentes températures  
d'utilisation comprises dans la gamme des températures d'utilisation qu'elle

doit pouvoir supporter, la tension à ses bornes pour différentes valeurs de courant de décharge, à partir d'une profondeur de décharge d'environ les 2/3, jusqu'à la décharge maximale permise, à déterminer le seuil de tension en-dessous duquel les allures des fins des courbes de décharge sont isomorphes en notant la valeur du courant de décharge et de la charge restante lors du franchissement de ce seuil, à mesurer de façon habituelle la capacité restante de ladite batterie donnée tant que la tension à ses bornes est supérieure audit seuil, et lorsqu'elle est sensiblement égale ou inférieure à ce seuil, à comparer la tension mesurée, pour la température et le courant de décharge courants, avec celles relevées pour ladite batterie quelconque, et à déterminer par interpolation la valeur de la charge restante de cette batterie donnée.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de mise en oeuvre pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est un exemple d'un faisceau de courbes de décharge typiques d'une batterie d'accumulateurs,
- la figure 2 est un exemple de courbes de décharge d'une batterie neuve et de la même batterie, vieillie, pour le même courant de décharge et sous la même température,
- la figure 3 est un exemple de courbes de décharge d'une même batterie pour une décharge à courant constant et pour des décharges à régimes de décharge quelconques, et
- la figure 4 est un exemple de courbe de décharge à régime quelconque.

Pour déterminer la charge restante d'une batterie, tant qu'elle est supérieure à environ 1/3 de sa charge maximale (correspondant à son état à ce moment de détermination), il existe des contrôleurs qui présentent une bonne précision. Cependant, des contrôleurs connus dérivent au cours de la décharge de la batterie qu'ils supervisent, et nécessitent donc un recalibrage de leur indication. Dans le cas de batteries au plomb, des contrôleurs, tels que ceux connus d'après la demande de brevet français 2 708 746 permettent de tenir compte des charges non immédiatement récupérables à cause de phénomènes de "stress" se produisant dans de telles batteries par suite de fortes demandes de courant.

On a représenté en figure 1 un faisceau de courbes de décharges typiques d'une batterie pour différents courants de décharge constants, telles que généralement fournies par les constructeurs de batteries. Les courants de décharge sont notés, de façon classique,  $I = 2C$ ,  $I = C$ ,  $I = C/2$ ,  $I = C/5$ , .... Dans ces expressions,  $C$  est un courant dont la valeur numérique correspond à la charge nominale de la batterie. Ainsi, pour une batterie de 120 A.h,  $C/5$  veut dire que la décharge est effectuée avec un courant constant dont la valeur est de  $120/5 = 24A$ . Des courbes similaires sont fournies pour différentes températures de la batterie, par exemple des températures de  $-20^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$  et  $40^{\circ}C$ .

La présente invention s'intéresse en particulier à la dernière partie de ces courbes de décharge. Elle part du constat que, pour une température constante de la batterie (mesurée par exemple par une sonde fixée sur son boîtier), et pour un courant de décharge constant, que la batterie soit neuve ou vieille, les allures de la courbe de décharge en fin de décharge (en général pour une charge restante inférieure à  $1/3$  de la charge maximale) sont isomorphes par translation.

On a représenté en figure 2 une courbe de décharge 1 d'une batterie neuve, avec un courant de décharge fixe  $I$ , pour une température fixe  $T$ . On a également représenté une courbe de décharge 2 de la même batterie après un grand nombre de cycles de charge et de décharge. La courbe 2 a été relevée dans les mêmes conditions que la courbe 1 (courant  $I$  et température  $T$ ).

En comparant les courbes 1 et 2, on constate d'une part, le fait bien connu que la capacité de la batterie diminue lorsqu'elle vieillit, et d'autre part qu'au-delà d'une certaine profondeur de décharge, les allures des courbes 1 et 2 sont isomorphes, et ce, jusqu'à décharge complète. Ces parties isomorphes des courbes 1 et 2 sont représentées en trait épais sur la figure 2 et sont référencées 3. Le début de ces parties de courbes 3 correspond à une tension égale à  $X$  aux bornes de la batterie. La charge restante dans la batterie au moment du franchissement de la tension  $X$  est égale à  $N$ . Cette charge restante correspond à environ 15 à 20 % de la charge maximale de la batterie neuve. On en conclut que, quel que soit l'état de la batterie (vieille ou neuve), si la décharge se poursuit avec une

température  $T$  et un courant  $I$ , la charge restante est égale à  $N$  au moment du franchissement de la tension  $X$ .

On a représenté en figure 3 plusieurs exemples de régimes de décharge d'une même batterie, pour lesquels seule la fin de la décharge est effectuée avec un courant constant égal à  $I'$ , cette fin de décharge débutant lorsque la tension aux bornes de la batterie passe en-dessous d'une tension  $X'$ , (pour le courant  $I'$ ) pour une charge restante égale à  $N'$  ( $X'$  et  $N'$  étant déterminés de façon analogue à celle correspondant à la figure 2).

Sur la figure 3, la courbe 4 correspond au cas où la batterie est déchargée, jusqu'à décharge complète, sous un courant constant  $I'$  à une température  $T$ . Au moment où la tension aux bornes de la batterie passe à la valeur  $X'$ , sa charge restante est égale à  $N'$ .

Les courbes 5 et 6 sont tracées pour deux régimes de décharge quelconques, correspondant à des cas réels d'utilisation de la batterie pour la traction d'un véhicule électrique. Dans ces deux cas, lorsque le moteur de traction est alimenté par la batterie, la tension aux bornes de celle-ci chute fortement, et lorsqu'il n'est plus alimenté, cette tension remonte du fait de la relaxation de la batterie, et, le cas échéant, grâce à sa recharge partielle par un dispositif de récupération d'énergie de freinage. Pour ces trois courbes 4 à 6, l'allure de la dernière partie 7 (au début de laquelle la charge restante est égale à  $N'$ ) est la même. Cela signifie que, quel que soit la régime de décharge, à partir du moment où la tension aux bornes de la batterie passe en fin de décharge en dessous de  $X'$ , pour une intensité de décharge  $I'$ , et pour une température  $T$ , la charge restante est égale à  $N'$ , c'est-à-dire la même que si on avait déchargé la batterie avec un courant  $I'$  fixe depuis le début de la décharge, jusqu'au franchissement de la tension  $X'$  (déterminée pour le courant  $I'$ ).

On a représenté en figure 4 un faisceau de courbes de décharge pour une température  $T$  constante et un courant de décharge constant  $I = 2C, C, C/2$  et  $C/5$  respectivement. On a également représenté en figure 4 une courbe de décharge 8 à courant de décharge variable, ou plus exactement à courant de décharge constant par intervalles. On constate que, en-dehors des transitions presque verticales, la courbe de décharge 8 est pratiquement confondue à chaque fois avec l'une des courbes de décharge à courant constant (pour simplifier la figure, les courants de

décharge correspondant aux différents tronçons non verticaux de la courbe 8 ont été choisis égaux chacun à l'une des valeurs  $2C$ ,  $C$ ,  $C/2$  ou  $C/5$ ).

Des constatations citées ci-dessus, on déduit que, quel que soit le profil de décharge et quel que soit le courant fourni par la batterie à l'instant du franchissement du seuil  $X$  (ou  $X'$ ) choisi suffisamment bas pour marquer le début de la zone isomorphe (3 ou 7), :

- le point de fonctionnement se situe virtuellement sur la courbe de décharge à courant  $I$  constant,  $I$  ayant la valeur du courant délivré par la batterie lors du franchissement du seuil  $X$  correspondant,
- la capacité restante de la batterie est la même que celle qui resterait si on avait déchargé la batterie depuis le début sous un courant  $I$  constant jusqu'à la fin de la décharge,
- ces résultats sont valables quel que soit l'âge de la batterie.

Bien entendu, dans le cas de batteries, telles que les batteries au plomb, présentant en fin de décharge un phénomène de sulfatage, on arrête la décharge avant l'apparition de ce phénomène, et la détermination de la capacité restante tient compte de ce phénomène.

Pour déterminer en pratique la capacité restante d'une batterie dans la zone d'isomorphisme, on s'assure d'abord que le point de fonctionnement se trouve bien dans cette zone. A cet effet, on peut soit, si l'état de la batterie est inconnu, la recharger complètement et la décharger à courant et température constants pour déterminer sa capacité réelle et le seuil  $X$  d'après les courbes du constructeur et procéder comme décrit ci-après, soit, si on connaît son état, et par conséquent sa capacité réelle au moins approximativement, surveiller sa décharge au cours de son utilisation normale à l'aide d'un contrôleur de batterie classique et donc surveiller le passage du seuil  $X$  uniquement lorsque la valeur approximative de la charge restante se rapproche de la zone d'isomorphisme. Bien entendu, dans les cas réels d'utilisation, le seuil  $X'$  évolue en fonction de la température, et surtout en fonction du courant délivré par la batterie. La courbe 6 présente des transitions pratiquement verticales (correspondant à de brusques et forts appels de courant de décharge) pour lesquelles la tension aux bornes de la batterie descend en-dessous de la valeur  $X'$  ( $X'$  correspond à un courant  $I'$  inférieur auxdits forts appels de courant), et dans ces cas, le seuil d'isomorphisme est, bien entendu, inférieur à  $X'$ . Dans le cas de la courbe 6,

décharge correspondant aux différents tronçons non verticaux de la courbe 8 ont été choisis égaux chacun à l'une des valeurs  $2C$ ,  $C$ ,  $C/2$  ou  $C/5$ ).

Des constatations citées ci-dessus, on déduit que, quel que soit le profil de décharge et quel que soit le courant fourni par la batterie à l'instant du franchissement du seuil  $X$  (ou  $X'$ ) choisi suffisamment bas pour marquer le début de la zone isomorphe (3 ou 7), :

- le point de fonctionnement se situe virtuellement sur la courbe de décharge à courant  $I$  constant,  $I$  ayant la valeur du courant délivré par la batterie lors du franchissement du seuil  $X$  correspondant,
- 10      - la capacité restante de la batterie est la même que celle qui y resterait si on avait déchargé la batterie depuis le début sous un courant  $I$  constant jusqu'à la fin de la décharge,
- ces résultats sont valables quel que soit l'âge de la batterie.

Bien entendu, dans le cas de batteries, telles que les batteries au plomb, présentant en fin de décharge un phénomène de sulfatage, on arrête la décharge avant l'apparition de ce phénomène, et la détermination de la capacité restante tient compte de ce phénomène.

Pour déterminer en pratique la capacité restante d'une batterie dans la zone d'isomorphisme, on s'assure d'abord que le point de fonctionnement se trouve bien dans cette zone. A cet effet, on peut soit, si l'état de la batterie est inconnu, la recharger complètement et la décharger à courant et température constants pour déterminer sa capacité réelle et le seuil  $X$  d'après les courbes du constructeur et procéder comme décrit ci-après, soit, si on connaît son état, et par conséquent sa capacité réelle au moins approximativement, surveiller sa décharge au cours de son utilisation normale à l'aide d'un contrôleur de batterie classique et donc surveiller le passage du seuil  $X$  uniquement lorsque la valeur approximative de la charge restante se rapproche de la zone d'isomorphisme. Bien entendu, dans les cas réels d'utilisation, le seuil  $X'$  évolue en fonction de la température, et surtout en fonction du courant délivré par la batterie. La courbe 6 présente des transitions pratiquement verticales (correspondant à de brusques et forts appels de courant de décharge) pour lesquelles la tension aux bornes de la batterie descend en-dessous de la valeur  $X'$  ( $X'$  correspond à un courant  $I'$  inférieur auxdits forts appels de courant), et dans ces cas, le seuil d'isomorphisme est, bien entendu, inférieur à  $X'$ . Dans le cas de la courbe 6,

le courant de décharge diminue en fin de décharge pour devenir sensiblement égal à  $I'$ , ce qui fait que le seuil  $X'$  lui est applicable et que la charge restante est bien  $N'$  au passage de ce seuil.

En pratique, le contrôleur de batterie mesure en permanence (par exemple toutes les 100 à 200 ms) le courant de décharge, la température de la batterie et la tension aux bornes de la batterie. De la mesure du courant et de la température, il déduit, par interpolation à partir des valeurs pré-enregistrées d'après des courbes telles que celles de la figure 1 le seuil d'isomorphisme (début de la partie telle que la partie 3 ou 7). Tant que la tension aux bornes de la batterie est supérieure à ce seuil, pour le courant de décharge mesuré, la détermination de la charge restante se fait de façon classique. Dès qu'elle passe en-dessous de ce seuil, le contrôleur détermine directement d'après la valeur de la tension la charge restante, puisqu'alors la forme de la courbe (3 ou 7) est invariante, et corrige, le cas échéant, la valeur déterminée de façon classique. Bien entendu, étant donné que les courbes du constructeur ne sont fournies que pour quelques valeurs typiques de courant de décharge et de température, on calcule la charge restante en interpolant (par exemple par interpolation linéaire, par logique floue, ...) entre les valeurs typiques les plus proches des valeurs mesurées. Bien entendu, lorsque le point de fonctionnement de la batterie se trouve dans la zone isomorphe, on peut procéder à d'autres mesures du courant et de la température de la batterie pour effectuer, le cas échéant, un autre recalibrage du contrôleur de batterie.

Le procédé de l'invention permet également de connaître de façon la plus précise possible la capacité maximale d'une batterie, en particulier d'une batterie dont on ignore l'état (vieille, neuve, chargée ou déchargée).

Pour cela, on charge complètement la batterie, on la décharge, à régime quelconque jusqu'à atteindre la valeur du seuil d'isomorphisme correspondant en mesurant constamment le courant fourni par la batterie, ce qui permet de calculer la quantité d'énergie consommée  $C_C$ . Au moment du franchissement du seuil, on procède comme décrit ci-dessus, à l'aide des courbes du constructeur, pour déterminer la charge restante  $C_r$ . On en déduit la capacité maximale  $C_{max}$ , qui est la somme de  $C_C$  et  $C_r$ . On remarquera que dans le cas de batteries au plomb la valeur de  $C_{max}$  inclut



en plus la capacité de diffusion, c'est-à-dire celle que l'on aurait pu récupérer en poursuivant la décharge à régime constant en-dessous dudit seuil X.

Généralement, on exprime la capacité d'une batterie en  
5 Ampères \* heure, mais il est également possible, dans le cadre de la présente invention, de l'exprimer en Watts \* heure.

## REVENDICATIONS

1 - Procédé de détermination de la charge disponible d'une batterie d'accumulateurs en fin de décharge, caractérisé en ce qu'il consiste, pour une batterie donnée faisant partie d'une série de batteries de même constitution, de même tension et capacité nominales, à prendre l'une quelconque des batteries neuves de cette série, à la charger complètement, à la décharger à courant constant, à relever pour cette batterie, pour différentes températures d'utilisation comprises dans la gamme des températures d'utilisation qu'elle doit pouvoir supporter, la tension à ses bornes pour différentes valeurs de courant de décharge, à partir d'une profondeur de décharge d'environ les  $2/3$ , jusqu'à la décharge maximale permise, à déterminer le seuil de tension en-dessous duquel les allures des fins des courbes de décharge sont isomorphes en notant la valeur du courant de décharge et de la charge restante lors du franchissement de ce seuil, à mesurer de façon habituelle la capacité restante de ladite batterie donnée tant que la tension à ses bornes est supérieure audit seuil, et lorsqu'elle est sensiblement égale ou inférieure à ce seuil, à comparer la tension mesurée, pour la température et le courant de décharge courants, avec celles relevées pour ladite batterie quelconque, et à déterminer par interpolation la valeur de la charge restante de cette batterie donnée.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'interpolation est une interpolation linéaire.

3 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'interpolation met en oeuvre la logique floue.

4 - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre pour recalibrer un contrôleur de batterie classique en fin de décharge.

5 - Procédé selon l'une des revendications précédentes appliqué à la détermination de la capacité maximale déchargeable d'une batterie, caractérisé en ce qu'il consiste à charger complètement cette batterie, à la décharger à température et courant constants, à arrêter sa décharge lorsque la tension à ses bornes atteint ledit seuil, la capacité maximale de cette batterie étant égale à la somme de la capacité ainsi déchargée et de la

charge restante en-dessous de ce seuil, cette charge restante étant déterminée selon la procédé de l'une des revendications précédentes.

- 5 6 - Procédé selon la revendication 5 pour une batterie au plomb, caractérisé en ce que la capacité maximale inclut la capacité de diffusion de cette batterie, c'est-à-dire celle que l'on aurait pu récupérer en poursuivant la décharge à régime constant.

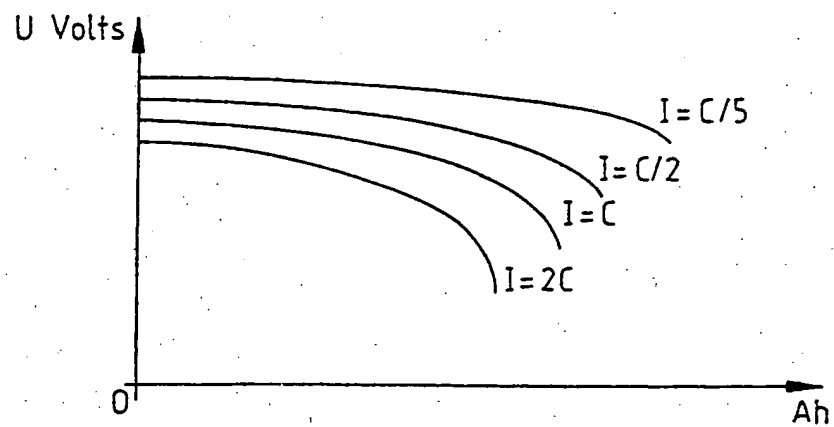


FIG. 1

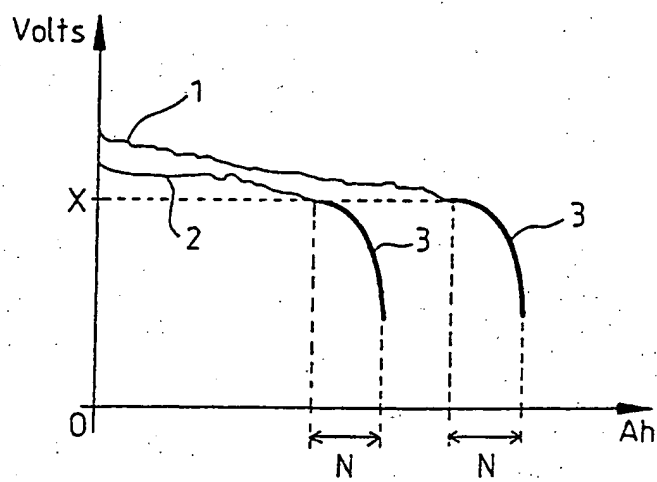


FIG. 2

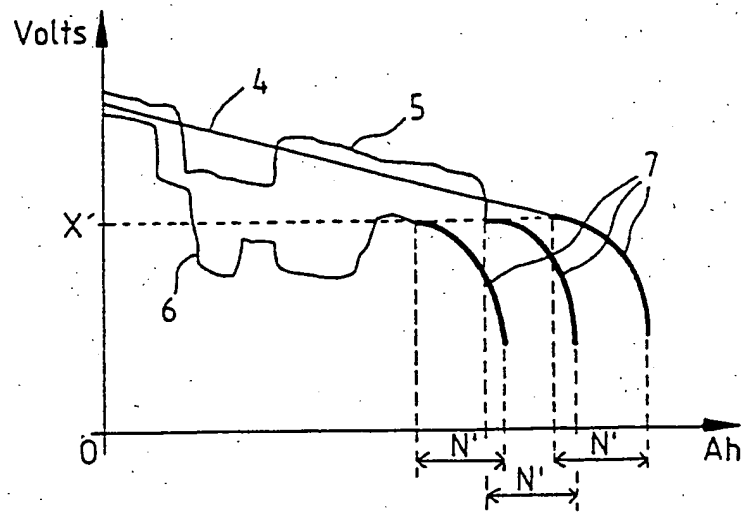


FIG. 3

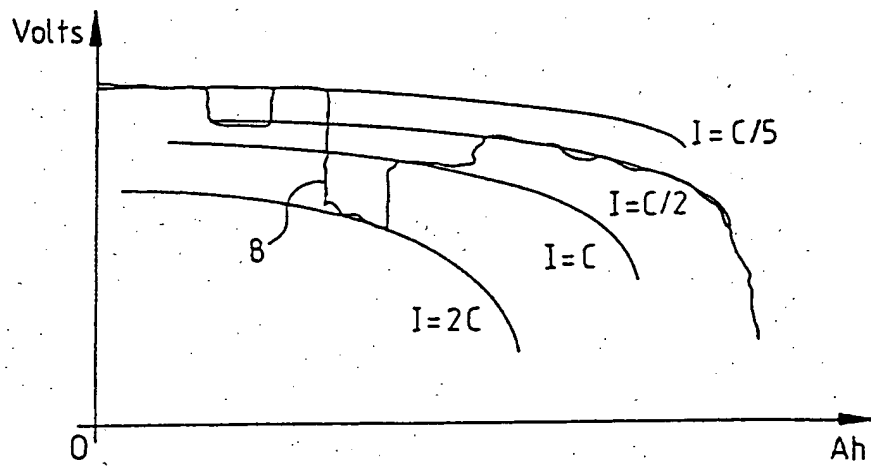


FIG. 4

**INSTITUT NATIONAL**  
**de la**  
**PROPRIETE INDUSTRIELLE**

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

Nº d'enregistrement  
national

FA 520702  
FR 9505658

[illegible]

Delphion

[RESEARCH](#)   [INTEGRATED IAM](#)   [SERVICES](#)   [INSIDE DELPHION](#)

[Home](#) | [About Us](#) | [Contact Us](#) | [My Account](#) | [Products](#) | [News](#) | [Events](#)   Search:  Quick/Number Boolean Advanced

## The Delphion Integrated View: INPADOC Record

Buy Now: [More choices...](#)
Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)

View: Jump to:  
Go to: [Derwent...](#) 
 [Email](#)

**Title:** FR2734061B1: PROCEDE DE DETERMINATION DE LA CHARGE DISPONIBLE D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS EN FIN DE DECHARGE  
**Country:** FR France  
**Kind:** B1 Patent of Invention (Second Publication)<sup>1</sup> (See also: [FR2734061A1](#))  
**Inventor:** MEUX DOMINIQUE;  
**Assignee:** THOMSON CSF, France  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)  
**Published / Filed:** June 20, 1997 / May 12, 1995  
**Application Number:** FR1995009505658  
**IPC Code:** [G01R 31/36](#); [H01M 10/42](#);  
**ECLA Code:** [G01R31/36C](#); [G01R31/36H](#); [H01M10/42](#);  
**Priority Number:** May 12, 1995 FR1995009505658

**Family:**

Buy PDF	Patent	Pub. Date	Filed	Title
	FR2734061B1	June 20, 1997	May 12, 1995	PROCEDE DE DETERMINATION DE LA CHARGE DISPONIBLE D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS EN FIN DE DECHARGE
	<a href="#">FR2734061A1</a>	Nov. 15, 1996	May 12, 1995	PROCEDE DE DETERMINATION DE LA CHARGE DISPONIBLE D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS EN FIN DE DECHARGE

2 family members shown above

**Forward References:**

Buy PDF	Patent	Pub. Date	Inventor	Assignee	Title
	<a href="#">US5983137</a>	1999-11-09	Yerkovich; Daniel	Physio-Control Manufacturing Corporation	<a href="#">Method and system for monitoring the condition of a battery pack in a del</a>

**Other Abstract Info:**

DERABS G97-014258

